

ÉVOLUTION DECENNALE DE LA MICROBIOCÉNOSE DU RHIN AU NIVEAU DU SITE ÉLECTRONUCLÉAIRE DE FESSENHEIM (HAUT-RHIN)¹

Jean-François PIERRE

Biologie végétale 1er Cycle, Université de Nancy I,
B.P. 239, 54506 Vandoeuvre-les-Nancy Cedex.

RÉSUMÉ. - La microbiocénose du Rhin canalisé (Grand Canal d'Alsace) a été étudiée au cours d'une période de dix ans (1977-1987), à l'occasion de prélèvements trimestriels intéressant six stations réparties de part et d'autre, et sur le site même, de la centrale électronucléaire de Fessenheim (Département du Haut-Rhin).

Le principal résultat est la constance qualitative et quantitative des communautés animales et végétales, qui peuvent de ce fait servir de référence à l'occasion de pollutions accidentelles du Rhin.

Les Algues, autres que Diatomées, sont peu diversifiées, essentiellement des placages cyanophycéens associés en amont à des arbuscules de *Cladophora*, et des feutrages de *Vaucheria* en aval. De rares Algues filamenteuses les accompagnent, les formes unicellulaires et coloniales restent très discrètes dans ce milieu.

La microfaune est constante dans les stations mais en quantité variable. Elle est composée de Ciliés, de différents Rotifères et de micronématodes. On relève la présence fréquente de bactéries filamenteuses parfois abondantes.

La flore diatomique est bien représentée avec plus de 300 taxons dont beaucoup apparaissent à l'état d'exemplaires isolés voire unique. Quelques uns sont régulièrement présents et en quantité, assurant la majeure partie de la biomasse: c'est le cas de *Cocconeis pediculus* Ehr., *Diatoma vulgare* Bory, *Gomphonema olivaceum* (Horn.) Bréb., *Navicula lanceolata* (Ag.) Kütz., *N. tripunctata* (O.F.M.) Bory, *Nitzschia dissipata* (Kütz.) Grun., *Rhoicosphenia abbreviata* (Ag.) L.-B., et *Synedra ulna* (Nitzsch) Ehr.

Le classement des stations en fonction de la diversité taxonomique de leurs peuplements révèle une grande stabilité biocénotique et permet des rapprochements stationnels durables au cours de la période d'étude.

ABSTRACT - The microbiotic community of the canalised Rhine was studied over a period of ten years (1977-1987). Once every term water samples were taken from six localities, on each side, as well as on the actual site of the nuclear plant power, at Fessenheim (Département du Haut-Rhin, France).

¹ Communication présentée au 8e Colloque de l'Association des Diatomistes de Langue Française, Thonon-les-Bains (20-24 septembre 1988).

The main result concerns the stability, both qualitative and quantitative, of animal and vegetal communities, which can be used as reference in the event of accidental pollution of the Rhine.

Other algae than diatoms are slightly diversified. They consist in associated filamentous Cyanophyta, upstream to some branched *Cladophora*, downstream to some *Vaucheria*. They are accompanied with few filamentous algae.

The microfauna remains stable in the localities, but its quantity is variable. It is composed of Protozoans, of different Rotifers and of micronephthelminthes. Some filamentous bacteria are often found and, sometimes, in large quantities.

The diatom flora is well represented with more than 300 taxa, most of them as isolated specimens.

The main part of the biomass is composed by some regularly present diatoms, and sometimes in large numbers: *Cocconeis pediculus* Ehr., *Diatoma vulgare* Bory, *Gomphonema olivaceum* (Horn.) Bréb., *Navicula lanceolata* (Ag.) Kütz., *Navicula tripunctata* (O.F.M.) Bory, *Nitzschia dissipata* (Kütz.) Grun, *Rhoicosphenia abbreviata* (Ag.) L.-B. and *Synedra ulna* (Nitzsch) Ehr.

The specific diversity of the diatom flora of the different localities reveals a real stability and shows some similarities between different places.

During the period of study, there is no modification in the composition of the algal and animal community in reference to the operation of hydraulic or nuclear plant power at Fessenheim.

MOTS CLÉS : Diatomées, microbiocénose, centrale nucléaire, Rhin.

HISTORIQUE

Entre Bâle et Strasbourg, sur la rive gauche du fleuve naturel ou "Vieux Rhin", le "Rhin canalisé" encore appelé "Grand canal d'Alsace", dérive la majeure partie du débit. C'est le résultat d'un aménagement poursuivi sur quelques décennies dans le double but d'améliorer le transport fluvial et de produire de l'énergie d'origine hydraulique, environ 100 à 150 MW par bief turbiné. Sur le bief de Fessenheim se sont ajoutées dans les années 70, les deux tranches de 890 MWe de la centrale électronucléaire, qui divergèrent en 1975 et 1976.

La surveillance en continue de différents paramètres tels température, oxygénation, conductivité et pH est complétée par les analyses physico-chimiques et biologiques de périodicité trimestrielle du suivi écologique, en des points situés de part et d'autre, et sur le site même, de la centrale électronucléaire. Nous avons étudié les prélèvements algologiques réalisés depuis 1977.

CONDITIONS STATIONNELLES

Cinq puis, à partir de 1980, six stations de prélèvements ont été définies, réparties d'amont vers l'aval (figure 1):

Station A

Site environ un kilomètre à l'amont des deux centrales, cette station est considérée station de référence. Comme pour l'ensemble du Rhin canalisé, les berges sont constituées de dalles en béton jointoyées, avec une forte pente. Le courant crée un clapotement incessant, devenant batillage au passage des

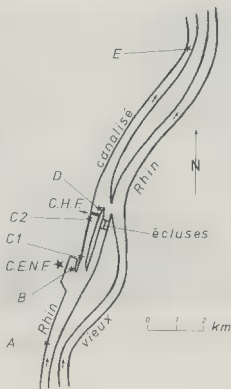


Figure 1: localisation des stations de prélèvement sur le Rhin canalisé au niveau du site électronucléaire de Fessenheim. C.H.F. Centrale Hydraulique de Fessenheim. C.E.N.F. Centrale électronucléaire de Fessenheim.

péniches. Ces dalles portent une véritable ceinture de végétation algale, qui prolonge de quelques décimètres sous la surface, la turbidité prononcée de l'eau limitant l'observation.

Peu après la station, le canal se divise en deux biefs, l'un pour la navigation, l'autre alimentant les centrales, sur lequel sont implantées les quatre stations suivantes.

Station B

D'accès contrôlé à l'intérieur du site, elle est à l'entrée du bassin de prise d'eau de refroidissement, face aux grilles (figure 2). Cette localisation entraîne un faciès plus calme.

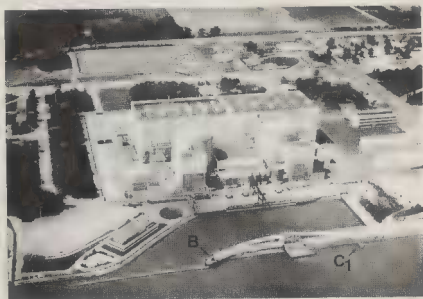


Figure 2: emplacement des stations B et C1 sur le site de la centrale électronucléaire de Fessenheim.

Station C1

Elle se trouve quelques dizaines de mètres à l'aval du rejet des eaux de refroidissement des condenseurs (figure 2). Le mélange des eaux n'étant pas immédiat, une station supplémentaire C2 a été ajoutée dès 1980 afin d'avoir un meilleur contrôle sur cette zone.

Station C2

Elle est localisée à environ un kilomètre sous la précédente, immédiatement avant la centrale hydraulique.

Station D

C'est la seule implantée en rive droite, à l'aval de la centrale hydraulique, le turbinage des eaux assurant un brassage énergétique. La différence de température de l'eau entre les stations B et D est comprise entre 0,4 et 1,7°C. Les prélèvements sont réalisés à l'extrémité du môle qui sépare le canal de fuite des centrales du canal navigable, quelques mètres avant leur confluence.

Station E

Cette station est éloignée de plusieurs kilomètres en aval des centrales, et possède le même environnement que la station A de référence.

CARACTÉRISTIQUES PHYSICO-CIMIQUES DE L'EAU

Selon les critères de qualité des eaux retenues par les Agences de bassin, l'eau est de qualité passable dans toutes les stations, sauf ■ B où une légère amélioration se manifeste, le faciès lentique local pouvant modifier le bilan des matières en suspension.

L'excès fréquent de salinité est une cause de dégradation de la qualité. Les teneurs en azote et phosphore indiquent une tendance à l'eutrophisation, notamment la concentration en phosphore PO_4^{3-} qui est généralement supérieure à la limite inférieure (0,15 mg.l⁻¹) des milieux eutrophes. L'agitation du milieu favorise une bonne oxygénation durant toute l'année, supérieure à 7 mg.l⁻¹. Le pH est habituellement compris entre 7 et 8.

L'évolution des caractéristiques physico-chimiques depuis le début du suivi ne fait pas apparaître de différences significatives entre les stations, et la qualité de l'eau à leur niveau reste assez constante.

L'impact des centrales, compte tenu du débit rhénan, semble se limiter à un accroissement localisé de la turbulence et une faible augmentation de la minéralité et de la température.

Selon les documents disponibles, les mesures de radioactivité dans l'eau et l'environnement sont régulièrement en deçà des normes fixées et souvent en limite de détection.

MÉTHODOLOGIE

Les prélèvements ont été réalisés par raclage des parois bétonnées sous le niveau de l'eau. Les Algues autres que Diatomées sont étudiées sur du matériel frais ou formolé. Une fraction aliquote de l'échantillon est traité au peroxyde d'hydrogène à 110-130 volumes avant d'être montée au "Naphrax".

Après une période initiale couvrant un cycle annuel en 1977-78, un rythme trimestriel de prélèvement fut instauré en 1980 et se poursuit encore. Les mois de prélèvement sont rassemblés tableau I.

RÉSULTATS ET DISCUSSION

Algues autres que Diatomées

Les parois bétonnées du Rhin canalisé sont, dans la zone euphotique, uniformément couvertes d'un tapis brunâtre résultant de l'agglomération de sédiments fins par un feutrage algal.

Celui-ci est composé pour l'essentiel de Cyanophycées filamenteuses (*Oscillatoria* pl. sp. dont *O. uzardii* Gom., *O. limosa* Ag. ex Gom., plus rarement *Lyngbya*). Les hormogonies sont particulièrement abondantes en début d'année, de février à mai. Irrégulièrement et toujours en faible quantité se rencontrent des Algues filamenteuses telles *Ulothrix* (*U. tenerrima* Kütz., *U. tenuissima* Kütz., *U. zonata* Kütz. rare), *Rhizoclonium hieroglyphicum* (Ag.) Kütz., *Oedogonium* pl. sp. et plus rarement *Mougeotia* et *Spirogyra* (différentes espèces toujours stériles) parfois *Tribonema* sp. Les Algues unicellulaires ou coloniales sont très rarement observées, résultat du prélèvement par raclage. Il faut signaler la présence de divers *Closterium* (*C. pritchardianum* Arch., *C. ehrenbergii* Menegh., *C. moniliferum* (Bory) Ehr., *C. teibleinii* Kütz.) et *Scenedesmus*, de rares *Pediastrum*. Certaines espèces se rencontrent de façon accidentelle, comme par exemple *Ceratium hirundinella* (O.F. Müll.) Schranck, vu une seule fois.

Cette florule se révèle constante dans le temps et les faibles variations enregistrées entre les stations ne paraissent pas significatives.

Un mécanisme intéressant concerne *Cladophora* et *Vaucheria*. De petites touffes implantées sur les parois bétonnées et constituées d'arbuscules ramifiés de *Cladophora* caractérisent cette partie du Rhin canalisée et se manifestent constamment dans les stations A, D et E. Ils entrent en compétition avec *Vaucheria* dans les stations B, C₁ et C₂ situées sur le canal des centrales, où les conditions locales (ralentissement du courant favorisant la décantation en B, turbulence en C) déstabilisent le dépôt de sédiment sur les parois bétonnées, au bénéfice des *Vaucheria* qui s'accommodent mieux de ces conditions.

Parmi les structures biologiques caractéristiques à ce niveau du Rhin canalisé il faut noter les mèches constituées de Diatomées vivant en tubes muqueux (*Cymbella prostrata* (Kerk.) Cleve) ou en chaînettes (*Diatoma vulgare* Bory), ainsi que les manchons de Diatomées épiphytes (*Cocconeis pediculus* Ehr., *Rhoicosphenia abbreviata* (Ag.) L.-B) autour des parties basales des arbuscules de *Cladophora*. Ce recouvrement s'effectue très rapidement et en période de croissance, seuls les deux ou trois derniers articles sont nus.

Il faut enfin noter l'existence à certaines périodes, de touffes de bactéries filamenteuses qui interpénètrent le feutrage algal, avec une abondance particulière dans les stations B, C et D.

La microfaune

Elle trouve dans le recouvrement algal un support et se manifeste régulièrement à l'observation microscopique, avec parfois une abondance notable. Des Protozoaires Rhizopodes assez communs laissent fréquemment reconnaître des Diatomées dans leurs vacuoles digestives. Les Ciliés et Flagellés se reconnaissent aisément sur le matériel vivant, mais restent assez discrets, le type Vorticelle étant le plus constant. Les micronématodes se rencontrent dans la plupart des stations. Le groupe le mieux représenté par le nombre est celui des Rotifères avec quelques espèces constantes. Comme on peut s'y attendre, c'est dans les récoltes de février que cette microfaune associée est la plus réduite.

Année	Mois	STATIONS:					Total de la campagne	
		A	B	C ₁	C ₂	D		E
1977	03	37	49	60	.	48	34	85
	07	16	29	37	.	23	23	64
	10	16	30	16	.	21	22	42
1978	01	44	78	78	.	45	38	105
	05	27	56	66	.	50	31	84
1980	02	59	69	53	63	54	54	106
	05	47	53	59	68	52	38	89
	08	25	52	60	70	59	33	102
	10	31	61	85	91	60	42	139
1981	03	52	75	61	67	54	63	122
	05	37	65	58	70	58	42	96
	08	59	72	50	67	50	54	110
	10	80	79	81	95	60	47	134
1982	02	53	65	71	71	58	53	111
	05	63	68	70	77	51	52	100
	09	35	72	63	80	53	47	115
	10	35	61	71	71	63	43	112
1983	02	40	65	89	77	56	42	121
	05	49	59	73	71	56	43	96
	08	68	70	84	86	-	59	121
	10	54	69	71	69	66	52	113
1984	02	52	82	78	72	51	76	121
	05	42	66	57	66	51	50	94
	08	73	73	68	84	50	56	126
	10	41	77	81	81	39	37	114
1985	02	59	81	84	88	65	56	135
	05	54	70	78	79	62	55	115
	08	79	70	84	86	-	53	124
	10	75	87	95	100	74	81	142
1986	02	91	70	86	104	68	60	144
	05	65	83	80	90	71	64	110
	08	63	78	89	96	78	70	143
	10	70	79	87	87	50	45	121
1986	12	38	96	84	-	56	49	120
1987	02	49	73	77	78	61	59	112
	05	74	85	91	87	78	65	129
	08	65	72	80	77	53	51	112
	10	70	75	53	83	58	46	118

Tableau 1: Nombre de taxons diatomiques relevés dans les stations de Fessenheim, de 1977 à 1987.

L'activité de la microfaune se reconnaît, en dehors des contenus digestifs, par la présence habituelle d'oeufs et/ou de femelles ovigères de Rotifères. Les microcrustacés ne sont pas représentés dans les prélèvements étudiés.

Les Diatomées

La florule diatomique est la composante principale de la communauté algale de ce site, à la fois par la richesse taxonomique et la permanence de biomasse qu'elle représente.

Plus de 300 taxons (317) ont été recensés au cours de cette étude décennale, avec selon les stations et l'époque, des variations importantes, de quelques dizaines de taxons à plus de cent par relevé (tableau I).

L'étude de la distribution stationnelle des Diatomées fait apparaître une diversité minimale dans les récoltes réalisées au mois de mai, à l'exception de l'année 1987. La période la plus favorable à l'expression de la diversité taxonomique serait le deuxième semestre, en particulier en octobre.

L'espace des prélèvements ne permet pas de conclure, mais les résultats obtenus paraissent répondre à la distribution bimodale classique de prolifération diatomique.

Diversité spécifique

Une particularité se manifeste nettement au niveau des stations, lorsqu'on les classe dans l'ordre décroissant de leur diversité taxonomique (tableau II).

On remarque que les stations C₁, C₂ et B sont régulièrement les plus riches en espèces différentes, les stations A et E ayant pour leur part et souvent de façon très proche, la plus faible diversité. La station D dépourvue de caractère affirmé, serait affiné à ce deuxième groupe.

Il apparaît ainsi de manière nette deux groupes de stations, B et C₁ - C₂ d'une part, A et E d'autre part. Or ces couples de stations sont situés de part et d'autre du rejet d'eaux réchauffées de la centrale électronucléaire. Il apparaît donc, par rapport à ce facteur, une symétrie entre les stations B et C du canal de force et les stations A et E du canal navigable.

On peut en conclure que le rejet des eaux de refroidissement n'a pas d'impact visible au niveau de la distribution des espèces diatomiques.

Le seul facteur apparent pouvant expliquer ce regroupement stationnel est le courant, sa régularité et le batillage existant en A et E s'opposant à la constance du niveau et aux variations de vitesse en B et C. De même, alors que le substrat est uniforme sur l'ensemble des stations, c'est en A et E que la communauté algale est la plus pauvre, tant pour les Diatomées que pour les autres groupes d'Algues. La richesse en espèces observée dans le bief des centrales est sans doute la conséquence de la rupture de l'uniformité stationnelle par les variations de la vitesse du courant et le brassage, qui favorisent la diversité spécifique.

Un argument supplémentaire résulte du prélèvement réalisé en décembre 1986 suite à l'accident survenu aux usines SANDOZ de Bâle. Les résultats obtenus à cette occasion s'insèrent dans la logique des valeurs décennales. La pollution étant la même pour ces six stations réparties sur quelques kilomètres, un facteur

Station	1er	2e	3e	4e	5e	6e rang
A	-	1	5	5	10	11
B	4	6	17	5	-	-
C ₁	8	14	5	2	1	2
C ₂	20	11	-	-	-	-
D	-	-	3	18	6	4
E	-	-	2	1	15	14

Tableau II: Classement des stations par ordre décroissant de diversité taxonomique. (32 campagnes de février 1980 à octobre 1987).

extérieur tel le courant permet d'expliquer les observations effectuées (Pierre, 1988).

Fréquence spécifique

La distribution détaillée des 317 espèces diatomiques provenant des 215 relevés de la période 1977-1987 sur les six stations de Fessenheim est publiée dans le bulletin de l'Académie et Société lorraines des Sciences (Pierre, 1989).

La répartition des espèces en classes de présence est la suivante:

- 56 espèces constantes (présentes dans plus de 50% des relevés)
- 22 espèces occasionnelles (entre 25 et 50% de présence)
- 36 espèces accidentelles (entre 10 et 25% de présence)
- 203 espèces sporadiques (dans moins de 10% des relevés).

Parmi les espèces dites constantes, certaines atteignent une grande abondance, de 20 à 90% des individus d'une préparation: cas de *Cocconeis pediculus* Ehr., *C. placentula* Ehr., *Cymbella silesiaca* Bleisch., *Diatoma vulgare* Bory et pl. var., *Gomphonema olivaceum* (Horn) Bréb., *Melosira varians* Ag., *Navicula lanceolata* (Ag.) Kütz., *Nitzschia dissipata* (Kütz.) Grun., *Stephanodiscus astraea* (Ehr.) Grun. et *Synedra ulna* (Nitzsch.) Ehr.

D'autres, bien que constantes, se caractérisent par de faibles densités: *Cymatopleura solea* (Bréb.) W. Sm., *Gyrosigma attenuatum* (Kütz.) Rabh., ou *Navicula tripunctata* (O.F.M.) Bory. *Rhoicosphenia abbreviata* (Ag.) L.-B., seule à être présente dans tous les relevés, montre des densités extrêmement variables d'une station, et d'une campagne, à l'autre.

Il faut noter également un bon nombre de taxons isolés (50) rencontrés une seule fois dans la décennie, le plus souvent sous forme d'exemplaire unique, et 153 taxons à faible indice de présence, vus par exemple une ou deux fois l'an et pas tous les ans.

Cette grande quantité d'espèces isolées et sporadiques gonfle considérablement les relevés avec pour conséquence une faible similitude entre la flore diatomique des six stations, malgré leur proximité géographique et l'uniformité de l'environnement.

La similitude floristique entre les stations comparées deux à deux selon la formule de Sorensen (1948) ($2n : [x + y]$).100 s'avère comprise entre 65 et 80 sur l'ensemble des relevés. Il faut préciser que les variations du même ordre existent entre relevés provenant d'une même station.

Ce mode de comparaison ne laisse pas paraître de différence significative dans la composition floristique des stations imputable au fonctionnement des centrales.

REMARQUES ÉCOLOGIQUES ET BIOGÉOGRAPHIQUES

Les Algues non-diatomiques se présentent sous forme d'assemblage commun dans les cours d'eau du nord-est de la France, dont les caractéristiques physico-chimiques correspondent à un stade méso-eutrophe.

Les Diatomées les plus communes sont des espèces banales régulièrement présentes dans toute la région. D'autres méritent d'être signalées pour leur rareté ou leur présence inhabituelle dans les cours d'eau (cas notamment de toute une série d'espèces réputées marines ou côtières). Les rejets ponctuels de saumure et la circulation fluviale remontant des ports maritimes pourraient être à l'origine de ce développement accidentel. Il convient d'ajouter que beaucoup d'entre elles sont des espèces lepto-mésohalobes déjà signalées en basse-Meurthe (Pierre, 1961, 1965, 1968, 1985).

Parmi les Diatomées dont la présence pourrait être liée au facteur salinité, figurent:

Actinocyclus ehrenbergii Ralfs et var. *crassa* (W. Sm.) Hust. et var. *tenella* (Bréb.) Hust.

Actinoptychus undulatus (Bailey) Ralfs

Caloneis westii (W. Sm.) Hendey (ex *C. formosa* (Greg.) Cleve)

Coccinodiscus curvulatus Grun., *C. excentricus* Ehr., *C. lacustris* Grun., *C. marginatus* Ehr., *C. radiatus* Ehr., *C. rothii* (Ehr.) Grun. var. *subsala* (J.D.) Hust.

Cyclotella stylorum Brightw.

Raphoneis amphiceros Ehr.

Les Diatomées suivantes sont très rarement signalées dans les fleuves et rivières du nord-est de la France ou sont citées pour la première fois:

Campylodiscus hibernicus Ehr.

Cocconeis thumensis A. Mayer

Cyclotella bodanica Fulest. et var. *lemanensis* O. Müll. et var. *borealis* A.C.I.E.

Cyclotella iris Brun

Epithemia goeppertiana Hilse (ex *E. muelleri* Fricke)
Mastogloia smithii Thwaites var. *lacustris* Grun.
Melosira arenaria Moore
Melosira undulata (Ehr.) Kütz.
Navicula reinhardtii Grun.
Navicula striolata (Grun.) L.-B. (ex *N. reinhardtii* var. *gracilior* Grun.)
Synedra cyclopus Brutschy

CONCLUSION

La microbiocénose du Rhin, au travers des 215 prélèvements périodiquement effectués sur le site de Fessenheim entre février 1977 et octobre 1987, se caractérise par :

- sa stabilité spécifique dans le temps et l'espace,
- le développement d'Algues filamenteuses associées à un peuplement diatomique abondant et diversifié, les premières abritant une microfaune réduite mais active.

L'analyse de ce peuplement livre un total de 317 taxons détaillés par ailleurs, dont 56 présents dans plus de 50% des prélèvements, constituent la quasi totalité de la biomasse diatomique.

A partir de la richesse spécifique des relevés il est possible de séparer les stations situées sur le Rhin canalisé de celles implantées sur le canal des centrales. Par rapport à ces dernières apparaît une symétrie entre les stations d'amont et celles d'aval.

On peut en conclure que la localisation des stations de prélèvement, soit sur la portion canalisée navigable (courant régulier, niveau variable), soit sur le canal des centrales (courant variable, niveau constant) pourrait être le facteur principal influençant la diversité taxonomique des stations, et que l'existence et le fonctionnement de la centrale nucléaire ne paraît pas modifier, du moins de façon visible, l'équilibre de la biocénose du site.

BIBLIOGRAPHIE SPÉCIFIQUE

- GERMAIN H., 1981 - *Flore des Diatomées. Eaux douces et saumâtres*. Paris, Boubée, 444p.
- PIERRE J.-F., 1961 - Sur la présence de Diatomées halophiles dans la Meurthe. *Compt. Rend. Séances Hebd. Acad. Sci.*, 253: 1114-1115.
- PIERRE J.-F., 1965 - Quelques Diatomées marines des eaux douces et saumâtres de Lorraine. *Bull. Acad. Soc. Lorraines Sci.*, 5, 3: 17-20.
- PIERRE J.-F., 1968 - Étude hydrobiologique de la Meurthe. Contribution à l'écologie des populations algales. *Bull. Acad. Soc. Lorraine Sci.*, 7, 4: 261-412.
- PIERRE J.-F., 1985 - Bilan algologique de la lutte antipollution: le cas de la basse-Meurthe. *Bull. Acad. Soc. Lorraines Sci.*, 24, 4: 125-136.

- PIERRE J.F., 1988 - Effets sur la microflore et la microfaune de la pollution chimique des eaux du Rhin. *Tribune de l'Eau*, 41: 531: 11-15.
- PIERRE J.F., 1989 - Étude du peuplement diatomique du Rhin canalisé (1977-1987). *Bull. Acad. Soc. lorraines Sci.* 28: 3.
- SORENSEN T., 1948 - A method of establishing groups of equal amplitude in plant sociology based on similarity of species content. *Kongel. Danske Vidensk. Selsk. Biol. Skr.*, 5, 4, 34p.